

51

Int. Cl. 2:

H01J 37/30

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DT 24 60 716 B1



Auslegeschrift

24 60 716

11

21

22

43

44

Aktenzeichen: P 24 60 716.7-33
Anmeldetag: 19. 12. 74
Offenlegungstag: —
Bekanntmachungstag: 6. 5. 76

30

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung:

Korpuskularstrahl optisches Gerät zur Korpuskelbestrahlung eines Präparats

71

Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

72

Erfinder:

Koops, Hans, Dipl.-Phys. Dr.rer. nat., 6101 Nieder-Ramstadt

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
Optik, Bd. 36, 1972, S. 93-110
Rev. Sci. Instrum., Bd. 44, Nr. 9, 1973, S. 1282-1285
J. Vacuum Sci. Technol., Bd. 10, 1973, Nr. 6,
S. 1052-1055

DT 24 60 716 B1

ORIGINAL INSPECTED

4.76 609 519/274

Patentansprüche:

1. Korpuskularstrahloptisches Gerät zur Korpuskelbestrahlung eines Präparats mit einer gleichmäßig mit Korpuskeln bestrahlten Maske, die durch das optische System des Gerätes auf dem Präparat abgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Maske (6) mit mehreren Lochmustern (17, 17') versehen ist und daß ein zwischen Maske (6) und Präparat (8) liegendes Ablenssystem (11, 11') vorgesehen ist, durch das das Bild der Maske (6) auf dem Präparat (8) in zwei Koordinaten verschiebbar ist, wobei jeweils einer gegebenen Ablenkrichtung ein Lochmuster (17, 17') der Maske (6) zugeordnet ist und Mittel vorgesehen sind, die während der Abbildung eines Lochmusters (17) eine Abbildung der übrigen Lochmuster (17') verhindern.

2. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel, die während der Abbildung eines Lochmusters (17) eine Abbildung der übrigen Lochmuster (17') verhindern, aus wenigstens einer Abdeckmaske (21) zur Abdeckung eines Teiles der Lochmuster (17, 17') bestehen.

3. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel, die während der Abbildung eines Lochmusters (17) eine Abbildung der übrigen Lochmuster (17') verhindern, aus unter Teilen der Maske (6) angeordneten elektrostatischen Ablenelementen (23, 23', 28) bestehen, bei deren Erregung Strahlen, die einen Teil der Lochmuster (17, 17') durchsetzen, zur Abbildung nicht beitragen.

Die Erfindung bezieht sich auf ein korpuskularstrahloptisches Gerät zur Korpuskelbestrahlung eines Präparats mit einer gleichmäßig mit Korpuskeln bestrahlten Maske, die durch das optische System des Gerätes auf dem Präparat abgebildet ist.

Ein derartiges Gerät, das beispielsweise zur Herstellung von Mikroschaltungen auf Halbleiterplättchen dient, ist in Form eines elektronenoptischen Gerätes bekannt, bei dem die Maske auf dem Präparat verkleinert abgebildet wird (*»Optik«*, Bd. 36 (1972), S. 93 bis 110). Die Maske ist an den den nicht zu belichtenden Präparatbereichen entsprechenden Stellen elektronenundurchlässig, während sie an den den zu belichtenden Präparatbereichen zugeordneten Stellen mit Öffnungen versehen ist. Bei diesem Gerät kann es vorkommen, daß komplizierte zu erzeugende Bestrahlungsmuster Masken erforderlich machen, die eine geringe mechanische Stabilität aufweisen. Treten bei einem Bestrahlungsmuster beispielsweise unbelichtete Teilflächen auf, die zumindest annähernd vollständig von belichteten Präparatbereichen umgeben sind, so bedeutet dies, daß die Maske an der entsprechenden Stelle eine elektronenundurchlässige Fläche besitzen muß, die ebenfalls zumindest annähernd vollständig von Öffnungen der Maske umgeben ist.

Es sind zwar Vorrichtungen bekannt, die die Erzeugung derartiger komplizierter Belichtungsstrukturen ermöglichen. Diese Vorrichtungen erfordern jedoch einen erheblichen apparativen Aufwand. Die Belichtung des Präparats erfolgt dabei mit Hilfe eines Raster-

Elektronenmikroskops. Bei diesem wird der Elektronenstrahl rasterförmig über das Präparat hinweggeführt. Die Hell- bzw. Dunkelsteuerung des Strahls geschieht bei einer bekannten Vorrichtung unter Verwendung eines Lichtpunkt-Abtasters (Flying Spot Scanner). Dieser besteht aus einer Kathodenstrahlröhre, deren Leuchtschirm vom Elektronenstrahl gleichmäßig beschienen wird. Der sich damit ergebende Lichtpunkt beleuchtet eine Maske, die ein dem zu erzeugenden Flächenmuster entsprechendes Muster aufweist. Das von der Maske durchgelassene Licht dient als Hellsteuersignal des mit der Kathodenstrahlröhre synchronisierten Raster-Elektronenmikroskops (Rev. Sci. Instr. 44 (1973), S. 1282 bis 1285). Bei dieser Vorrichtung ist die Herstellungszeit eines Flächenmusters gleich der Zeit, die erforderlich ist, das gesamte Bildfeld des Mikroskops zu belichten.

Bei einer weiteren bekannten Vorrichtung erfolgt die Hellsteuerung des Elektronenstrahls des Raster-Elektronenmikroskops mit Hilfe eines Digitalrechners. Die zu belichtenden Flächen werden dabei nacheinander jeweils rasterförmig beschrieben (J. Vac. Sci. Technol. 10 (1973), S. 1052 bis 1055). Bei dieser Vorrichtung ist die Herstellungszeit eines Flächenmusters von dessen Form und Größe abhängig; sie ist mindestens gleich dem Produkt aus der Gesamtzahl der zu belichtenden Rasterpunkte und der erforderlichen Belichtungszeit eines derartigen Punktes. Unter Rasterpunkt ist dabei eine Fläche zu verstehen, die gleich der Querschnittsfläche des Elektronenstrahls auf dem Präparat ist.

Die Erfindung befaßt sich mit der Aufgabe, ein korpuskularstrahloptisches Gerät der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem die Bestrahlungszeit gegenüber den beiden zuletzt genannten Vorrichtungen verkürzt ist und das mit einer relativ einfachen und mechanisch stabilen Maske die Herstellung auch komplizierter Flächenmuster, beispielsweise Flächenmuster mit isolierten Teilflächen, ermöglicht. Die Lösung dieser Aufgabe besteht erfindungsgemäß darin, daß die Maske mit mehreren Lochmustern versehen ist und daß ein zwischen Maske und Präparat liegendes Ablenssystem vorgesehen ist, durch das das Bild der Maske auf dem Präparat in zwei Koordinaten verschiebbar ist, wobei jeweils einer gegebenen Ablenkrichtung ein Lochmuster der Maske zugeordnet ist und Mittel vorgesehen sind, die während der Abbildung eines Lochmusters eine Abbildung der übrigen Lochmuster verhindern.

Bei dem erfindungsgemäßen Gerät ist das Flächenmuster in aufeinanderfolgenden Schritten erzeugt. Bei jedem dieser Schritte ist eines der Lochmuster korpuskularstrahloptisch auf dem Präparat abgebildet und in der zugehörigen Richtung um einen vorgegebenen Wert ausgelenkt. Während dieses Vorgangs sind die übrigen Lochmuster unwirksam gemacht.

Dies kann in einfacher Weise durch wenigstens eine Abdeckmaske erfolgen, die oberhalb bzw. unterhalb der Maske vorgesehen ist. Ist die Maske beispielsweise mit zwei Lochmustern versehen, so ist es in der Regel ausreichend, eine einzige Abdeckmaske vorzusehen, die während der Abbildung des ersten Lochmusters das zweite Lochmuster und anschließend das erste Lochmuster abblendet, wobei sie das zweite Lochmuster für die Abbildung freigibt.

Eine weitere Möglichkeit zur Abblendung der Lochmuster besteht darin, unter Teilen der Maske elektrostatische Ablenelemente anzuordnen, bei deren Erregung Strahlen, die einen Teil der Lochmuster durchsetzen, zur Abbildung nicht beitragen.

Die bisherigen Ausführungen beziehen sich auf die Herstellung eines einzigen, aus mehreren Teilen zusammengesetzten Flächenmusters. Die Erfindung bietet auch die Möglichkeit, mehrere Flächenmuster in relativ einfacher Weise herzustellen. So ist es beispielsweise bei der Erzeugung von integrierten Schaltkreisen in der Regel nötig, das Präparat in mehreren Stufen mit jeweils einem Bestrahlungsmuster zu versehen und anschließend daran in entsprechender Weise, beispielsweise durch Bedampfung, Ionen-Implantierung u. dgl., zu behandeln. Bei dem erfindungsgemäßen Gerät ist es möglich, mehreren dieser Stufen jeweils verschiedene Lochmuster auf der Maske zuzuordnen, die nacheinander auf dem Präparat abgebildet und in der beschriebenen Weise ausgelenkt werden.

Zwar ist es bei dem eingangs genannten elektronenoptischen Gerät ebenfalls möglich, das Präparat in aufeinanderfolgenden Stufen zu belichten. In diesem Fall ist aber jeder Stufe jeweils eine Maske zuzuordnen. Die Masken müssen bei der bekannten Anordnung nacheinander in den Strahlengang gebracht und bezüglich des Präparats zentriert werden. Bei dem erfindungsgemäßen Gerät hingegen ist weder ein Maskenwechsel noch eine Zentrierung der Maske vorzunehmen.

Es ist bekannt (*»Optik«*, Bd. 38 (1973), S. 246 bis 260), ein Strichgitter, das abwechselnd belichtete und unbelichtete Streifen aufweist, dadurch zu erzeugen, daß ein aus waagerechten und senkrechten elektronenundurchlässigen Streifen bestehendes Kreuzgitter elektronenoptisch auf ein Präparat abgebildet und das Bild in Richtung der waagerechten Streifen des Kreuzgitters durch ein Ablenssystem um einen Betrag ausgelenkt wird, der gleich der Breite der senkrechten Streifen des Gitters ist. Ein Bestrahlungsmuster mit komplizierter Struktur, beispielsweise mit isolierten unbelichteten Teilflächen, läßt sich dabei aber nicht erzielen.

In den Fig. 1 bis 4 ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 ein elektronenoptisches Verkleinerungsgerät zur Abbildung des elektronenoptischen Bildes einer Maske auf einem Präparat,

Fig. 2 Ausschnitte der Maske in der Aufsicht,

Fig. 3 das sich auf dem Präparat ergebende Flächenmuster,

Fig. 4 einen Querschnitt einer Maske mit elektrostatischen Ablenkelementen.

Das in Fig. 1 dargestellte elektronenoptische Verkleinerungsgerät 1 dient zur Herstellung von Mikroschaltungen. Es weist eine Elektronenquelle 2, einen Kondensor 3, eine magnetische Feldlinse 4 und eine Verkleinerungslinse 5 auf. In der Mitte der Feldlinse 4 befindet sich eine gleichmäßig bestrahlte Maske 6 (vgl. den eingezeichneten Strahlengang 7), die mit mehreren Lochmustern versehen ist, deren elektronenoptische Bilder nacheinander in der Registrierebene 9 des Gerätes 1 erzeugt werden.

Am Ort der Eintrittspupille 10 der Verkleinerungslinse 5 befinden sich zwei elektrostatische Ablenkplattenpaare 11, 11', die eine Auslenkung der in der Registrierebene 9 vorliegenden, verkleinerten elektronenoptischen Bilder der Lochmuster ermöglichen.

In der Figur ist ferner ein Elektronenmikroskop 12 dargestellt, das dem Verkleinerungsgerät 1 nachgeordnet ist und das zur Kontrolle und Scharfstellung der elektronenoptischen Bilder in der Registrierebene 9 dient. Das Elektronenmikroskop 12 weist eine Objektlinse 13, eine Projektivlinse 14 und einen Leuchtschirm 15 auf.

In der Registrierebene 9 des Verkleinerungsgerätes 1 ist ein Präparat 8 angeordnet, das mit einer elektronenempfindlichen Schicht, z. B. Fotoresist-Lack, bedeckt ist. Zur Erzeugung eines aus zwei Teilen bestehenden Flächenmusters auf dem Präparat 8 mittels Elektronenbestrahlung besitzt die Maske 6 z. B. eine in Fig. 2 ausschnittsweise wiedergegebene Gestalt. Die Maske 6 ist als elektronenundurchlässige, z. B. metallische Platte 16 ausgebildet, die in ihrem einen Teil ein erstes Muster 17 von Löchern 18 und in ihrem anderen Teil ein zweites Muster 17' von Löchern 18' zum Durchtritt von Elektronen aufweist. Die beiden Lochmuster 17, 17' werden nacheinander auf dem Präparat 8 abgebildet und während der Belichtung des Präparates 8 jeweils mit Hilfe der Ablenkplattenpaare 11, 11' in einer zugehörigen Richtung ausgelenkt. Diese Auslenkung kann durch eine monoton ansteigende Ablenkspannung oder auch durch eine Wechsellspannung, z. B. sinus- oder sägezahnförmig, erfolgen. Auf dem Präparat ergeben sich dadurch belichtete Flächen oder Linienzüge, deren Abmessungen in Richtung der zugehörigen Auslenkung durch die Länge dieser Auslenkung und durch die wirksame Länge des zugehörigen Loches, d. h. die Abmessung des Loches in der Richtung der Auslenkung, bestimmt sind. Die Breite der Fläche bzw. des Linienzuges ist durch die Breite des entsprechenden Loches, d. h. die Abmessung senkrecht zur Richtung der Auslenkung, gegeben.

Die Belichtung des Präparates 8 geschieht in folgender Weise: Es ist zunächst das erste Lochmuster 17 auf dem Präparat 8 abgebildet, während das zweite Lochmuster 17' z. B. durch eine auf der Maske 6 gelegte Abdeckmaske 21 abgeblendet ist. Das Ablenkplattenpaar 11 ist dabei zeitabhängig derart erregt, daß das elektronenoptische Bild des Lochmusters 17 das Präparat 8 in Richtung des eingezeichneten Pfeiles 19 gleichförmig bis zu einer maximalen Auslenkung überstreicht, die gleich der Länge dieses Pfeiles ist. Die Erregung des Ablenkplattenpaares 11 z. B. erfolgt mittels eines andeutungsweise dargestellten Sägezahngenerators 20.

Anschließend ist das Bild des ersten Lochmusters 17 unwirksam gemacht und das zweite Lochmuster 17' auf das Präparat 8 projiziert. Dies geschieht dadurch, daß die Abdeckmaske 21 über das Lochmuster 17 geschoben wird, wobei sie das Lochmuster 17 freigibt. Die Positionierung des Bildes des zweiten Lochmusters 17' mit Hilfe des Ablenkplattenpaares 11' kann dabei z. B. durch das Elektronenmikroskop 12 kontrolliert werden. Das Bild des zweiten Lochmusters 17' wird dann durch eine zusätzliche Spannung am Ablenkplattenpaar 11' gleichförmig in Richtung der strichliert eingezeichneten Pfeile 19' bis zu einem Betrag ausgelenkt, der gleich der Länge dieses Pfeiles ist. Dies geschieht durch zusätzliche Erregung des Ablenkplattenpaares 11' mittels eines weiteren Sägezahngenerators 20'.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung erfolgt die Ausblendung des jeweils nicht zur Abbildung gelangenden Lochmusters mit einer Abdeckmaske 21. Es ist jedoch auch möglich, unterhalb der Maske 6 elektrostatische Ablenkelemente, z. B. elektrostatische Ablenkplatten, vorzusehen, die jeweils einem Lochmuster zugeordnet sind und bei deren Erregung das elektronenoptische Bild des zugeordneten Lochmusters aus der Eintrittspupille 10 der Verkleinerungslinse 5 ausgelenkt wird. Derartige Ablenkplatten 22, 22' sind in Fig. 1 strichliert eingezeichnet.

Auf dem Präparat 8 ergibt sich ein Bestrahlungsmuster, das in Fig. 3 dargestellt ist. Das Bestrahlungsmuster,

ster, das zur Herstellung von Anschlüssen eines nicht dargestellten integrierten Schaltkreises dient, besitzt belichtete Flächen, die von unbelichteten Flächen umgeben sind. Die belichteten Flächen bestehen aus den Teilen I und II. Die Teile I sind durch Abbildung des Lochmusters 17 bzw. durch dessen Auslenkung in der angegebenen Weise (Pfeil 19) erzeugt. Die Teile II sind in entsprechender Weise durch Abbildung bzw. Auslenkung des Lochmusters 17' gebildet. Nach entsprechender Behandlung, beispielsweise Ablösen der elektronempfindlichen Schicht an den belichteten Stellen I und II, lassen sich auf dem Präparat Flächen erzeugen, die sich in ihrer Funktion von den umgebenden Flächen unterscheiden. Diese Flächen sind in dem dargestellten Beispiel durch Galvanisierung bzw. Bedampfung mit einer leitenden Schicht versehen. Es sei erwähnt, daß Leiterbahnen durch Elektronenbestrahlung auch direkt gebildet werden können. In diesem Fall ist das Präparat mit einer Schicht zu versehen, die eine durch Elektronenbestrahlung reduzierbare Metallverbindung enthält.

Wie aus Fig. 3 hervorgeht, sind die Lochmuster 17 bzw. 17' so gewählt, daß sich die entsprechenden belichteten Flächen I und II an den Übergangsstellen der Flächen I in die Flächen II jeweils überlappen, so daß die erforderlichen Verbindungen zwischen diesen Flächen gesichert sind. Ferner ist in Fig. 3 zu erkennen, daß sich durch die erfindungsgemäße Abbildung von zwei Lochmustern in der dargestellten Weise komplizierte Bestrahlungsmuster erzeugen lassen. Von Bedeutung sind dabei die Flächen F, die nahezu vollständig von belichteten Flächen umgeben sind. Wollte man das in Fig. 3 dargestellte Bestrahlungsmuster nach dem bekannten Prinzip durch statische Abbildung einer Maske in einem Verfahrensschritt erzeugen, so wäre es außerordentlich schwierig, hierfür eine Maske mit ausreichender mechanischer Stabilität herzustellen.

An Stelle der in Fig. 3 dargestellten Lochmaske 6 mit voneinander abgesetzten Lochmustern 17, 17' kann auch eine Lochmaske mit ineinanderliegenden Lochmustern vorgesehen sein. Damit ergibt sich die Möglichkeit, auf einer vorgegebenen Maskenfläche mehrere Lochmuster, die sich jeweils über die gesamte Maskenfläche erstrecken, unterzubringen. Bei Verwendung einer Abdeckmaske zur Abdeckung eines Teiles der Lochmuster ist diese dann mit Durchtrittsöffnungen für die das abzubildende Lochmuster durchsetzenden Korpuskularstrahlen zu versehen. Darüber hinaus kann es in diesem Fall erforderlich werden, für jedes Lochmuster der Maske eine besondere Abdeckmaske vorzusehen. Der Fertigungsaufwand für die Abdeckmaske kann jedoch gering gehalten werden, da die Löcher der

Abdeckmaske in ihrem Durchmesser größer sein können als die zugeordneten Löcher des abzubildenden Lochmusters; aus dem gleichen Grunde ist in diesem Fall eine genaue Justierung der Abdeckmaske 21 nicht erforderlich. Bei Verwendung von elektrostatischen Ablenkelementen wäre hingegen pro Lochmuster eine Vielzahl derartiger Elemente anzubringen. Der Aufbau einer Maske mit ineinanderliegenden Lochmustern und den Löchern jedes Lochmusters zugeordneten elektrostatischen Ablenkelementen ist in Fig. 4 dargestellt.

Die Maske 6 weist zwei Lochmuster auf, von denen jeweils zwei Löcher 18 bzw. 18' zu sehen sind. Die Löcher 18, 18' sind an der der Strahlquelle abgewandten Seite von je einem elektrostatischen Ablenkelement 23, 23' flankiert, die gegenüber dem geerdeten metallischen Körper 25 der Maske 6 durch eine Isolierschicht 24 abgesetzt sind und denen jeweils ein ebenfalls geerdetes Element 28 gegenübersteht. Die Ablenkelemente 23, 23' der beiden Lochmuster 17, 17' sind untereinander parallel geschaltet. Sie können über einen Doppelschalter 26 alternierend an eine Spannungsquelle 27 angeschlossen werden. Ist es erforderlich, die die Löcher 18' durchsetzenden Elektronen auszublenden, so befindet sich der Schalter 26 in der eingezeichneten Stellung. Die Ablenkelemente 23' sind damit an die Spannungsquelle 27 angeschlossen. Zwischen den Ablenkelementen 23' und den zugehörigen Elementen 28 besteht eine Spannung; die das entsprechende Loch 18' durchsetzenden Elektronen werden aus der Eintrittspupille 10 der Verkleinerungslinse 5 (Fig. 1) ausgelenkt. Die Ablenkelemente 23 sind in diesem Fall geerdet; das bedeutet, daß die durch die Löcher 18 hindurchtretenden Elektronen in die Eintrittspupille gelangen und damit das zugehörige Lochmuster 17 auf dem Präparat abbilden können.

Zur Ausblendung des Lochmusters 17 und Abbildung des Lochmusters 17' auf dem Präparat wird der Schalter 26 umgelegt. Die Ablenkelemente 23' sind dann nicht mehr erregt; das Lochmuster 17' kann auf dem Präparat abgebildet werden. Hingegen sind nun die Ablenkelemente 23 erregt und die die Löcher 18 durchsetzenden Elektronen aus der Eintrittspupille der Verkleinerungslinse ausgelenkt.

Die Anwendung der Erfindung kommt, wie an Hand der Figuren erläutert, in erster Linie bei elektronenoptischen Verkleinerungsgeräten in Frage. Die Erfindung kann jedoch auch in Elektronenbestrahlungsgeräten eingesetzt werden, die das Bild der Maske im Verhältnis 1:1 auf dem Präparat abbilden. In grundsätzlich gleicher Weise kann die Erfindung auch bei ionenoptischen Bestrahlungsgeräten angewendet werden.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 2

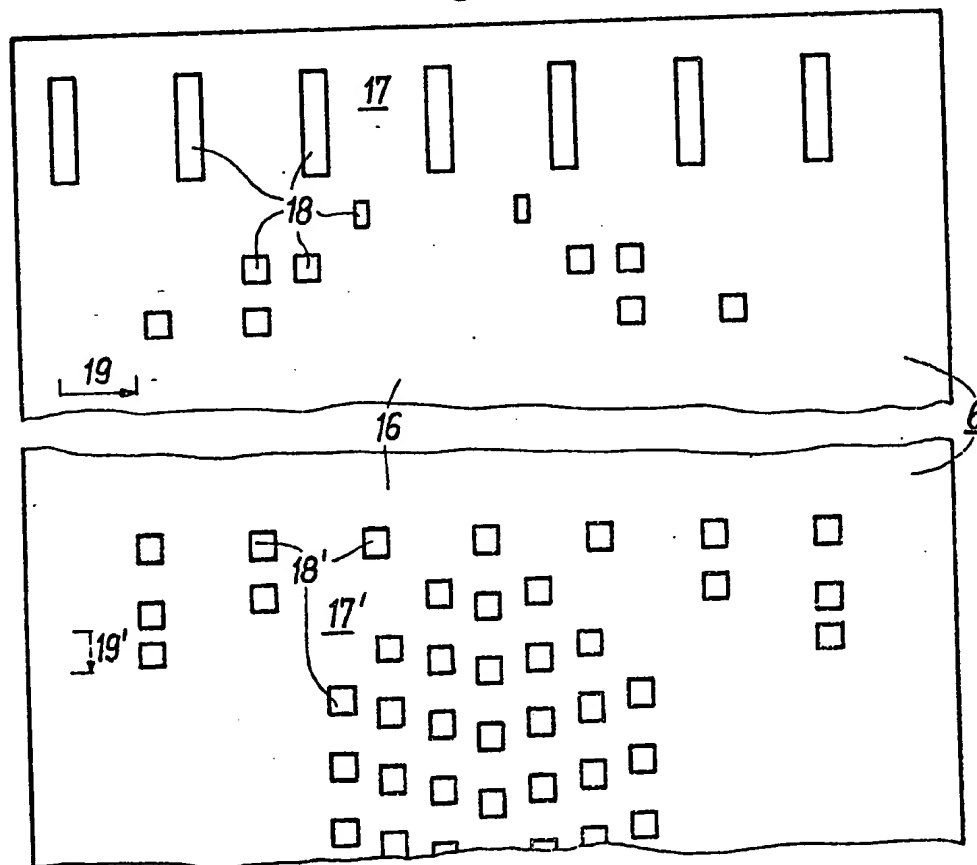


Fig. 3

